

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

J6 2192690  
AUG 1987

87-274912/39 K05 X14  
NIPPON GENSHIRYOKU JIGYO (TOKE )  
20.02.86-JP-033866 (24.08.87) G21c-03/30  
Nuclear fuel assembly for boiling water reactor - has fuel channel,  
fuel rods and spacers to hold rods  
C87-116994

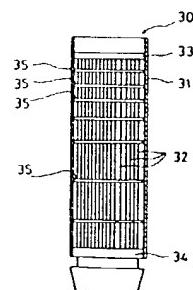
NIGJ 20.02.86  
J6 2192-690-A

K(5-B4B)

Device comprises a fuel channel, fuel rods, and spacers to hold the rods. Distance between the spacers is denser in the range from the centre of the fuel rods and upper than in the lower range.

USE - In case loss of coolant occurs in the reactor, overheated fuel rods can be cooled more effectively. (3pp Dwg.No 1/4)

Full Patentees: Nippon Genshiryoku Jigyo; Toshiba KK.



© 1987 DERWENT PUBLICATIONS LTD.  
128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England  
US Office: Derwent Inc. Suite 500, 6845 Elm St. McLean, VA 22101  
*Unauthorised copying of this abstract not permitted.*

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報 (A)

昭62-192690

⑫ Int.Cl.

G 21 C 3/30

識別記号

GDB

庁内整理番号

D-7808-2G

⑬ 公開 昭和62年(1987)8月24日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全3頁)

⑭ 発明の名称 沸騰水型原子炉用燃料集合体

⑮ 特願 昭61-33866

⑯ 出願 昭61(1986)2月20日

⑰ 発明者 安部 信明 川崎市川崎区浮島町4番1号 日本原子力事業株式会社研究所内

⑱ 出願人 日本原子力事業株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号

⑲ 出願人 株式会社東芝 川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代理人 弁理士 猪股 祥晃 外1名

### 明細書

#### 1. 発明の名称

沸騰水型原子炉用燃料集合体

#### 2. 特許請求の範囲

(1) 燃料チャンネルと、この燃料チャンネル内に格子状に規則正しく配列された多数の燃料棒と、この多数の燃料棒間の間隔を保持する複数のスペーサとからなる沸騰水型原子炉用燃料集合体において、前記複数のスペーサの相互の間隔が前記燃料棒の中央部およびそれより上部の領域で前記燃料棒の下部の領域におけるよりも密であることを特徴とする沸騰水型原子炉用燃料集合体。

#### 3. 発明の詳細な説明

##### 【発明の技術分野】

本発明は沸騰水型原子炉用燃料集合体に関し、さらに詳しくは冷却材喪失事故の際の炉心の安全性を向上させた沸騰水型原子炉用燃料集合体に関するもの。

##### 【発明の技術的背景とその問題点】

従来の沸騰水型原子炉の構造を第3図に示す。

図において、原子炉圧力容器1内には炉心2が収納されており、この原子炉圧力容器1の上部には、当該原子炉圧力容器1内で発生した蒸気を図示しない蒸気ターピンに導く主蒸気管3が設置されている。また炉心2の側方には冷却材再循環系4を構成するジェットポンプ5が配設されており、ダウンカマ底部6に位置する冷却水は再循環ポンプ7により再循環配管8を通りジェットポンプ5入口に供給される。さらに、原子炉圧力容器には非常用炉心冷却系である炉心スプレイ系9および低圧注入系10が設置されており、これらの非常用炉心冷却系には冷却水を供給するポンプ11および12がそれぞれ配設されている。

また、炉心2内には第4図で示すような燃料集合体21が多数収容されている。この燃料集合体21は、燃料チャンネル22内に多数の燃料棒23が格子状に規則正しく配列されており、この燃料棒23の相互の間隔を正しく保持するためにスペーサ26が軸方向にほぼ等間隔に設置されるように配設されている。

## 特開昭62-192690(2)

さらに第4図において、燃料集合体21の下部タイプレート25から燃料集合体21内へ流入した冷却材は、燃料棒23に接触し燃料棒23内の熱発生により気液2相となって上昇し、上部タイプレート24から上方に流出する。

ところで、この沸騰水型原子炉において、原子炉圧力容器1に接続される冷却材再循環系4が万一破断した場合には、原子炉内冷却材が喪失するという事態が生じ、いわゆる冷却材喪失事故となる。このような冷却材喪失事故が発生した場合、原子炉圧力容器1内の冷却材が喪失し、炉心2内を流れる冷却材が減少して燃料棒23が露出し、燃料棒23内の燃料とそれを被覆する被覆管の温度が上昇することになる。

実際には、かかる燃料と被覆管の異常な温度上昇を防ぐために、炉心スプレー9および低圧注入系10などの非常用炉心冷却系が設けられており、緊急事態発生のときにはこれらの冷却系から原子炉に冷却材を注入して炉心を冷却し、燃料および被覆管の温度を所定温度以下にするように設定さ

互の間隔が前記燃料棒の中央部およびそれより上部の領域で前記燃料棒の下部の領域におけるよりも密であることを特徴とする沸騰水型原子炉用燃料集合体に係わり、このようにスペーサを設置することによって原子炉に冷却材喪失事故が発生した場合の蒸気上昇流の燃料棒に対する冷却効果を高め、原子炉の安全性を向上せしめるようにしたものである。

## 【発明の実施例】

本発明の実施例を図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す燃料集合体の断面図である。同図において、燃料集合体30は、第4図に示す従来の燃料集合体と同様に、多数の燃料棒32が燃料チャンネル31内に格子状に規則正しく配列され、燃料棒32間の間隔は複数のスペーサ35によって正しく保持されている。また燃料集合体の上部には上部タイプレート33が、下部には下部タイプレート34が設置されている。しかしスペーサ35の間隔は従来のように等間隔ではなく、図面に示すように軸方向中央部より上部において

れている。しかしながら、これらの非常用炉心冷却系が作動した場合でも、原子炉水位の低下に伴ない燃料棒が露出し、燃料と被覆管の温度上昇を起す可能性がある。この場合、燃料棒が露出している期間の熱除去は主として炉心および下部プレナムで発生した蒸気の上昇流に依存するが、露出している期間の長い燃料集合体の上部および出力の高い燃料集合体の中央部では、前述の蒸気上昇流による熱除去では不十分な場合も考えられる。

## 【発明の目的】

本発明は、かかる情況に鑑みてなされたものであって、冷却材喪失事故に対して炉心の安全性を高めることのできる沸騰水型原子炉用燃料集合体を提供することを目的とするものである。

## 【発明の概要】

すなわち本発明は、燃料チャンネルと、この燃料チャンネル内に格子状に規則正しく配列された多数の燃料棒と、この多数の燃料棒間の間隔を保持する複数のスペーサとからなる沸騰水型原子炉用燃料集合体において、前記複数のスペーサの相

密になっている。

このように上部に密な間隔でスペーサを設置した結果、万一原子炉に冷却材喪失事故が発生した場合には、炉心および下部プレナムで発生する蒸気の上昇流がこのスペーサの密な部分でより激しい乱流となり、この蒸気の乱流によって燃料棒が従来より効果的に冷却される。したがって、冷却材喪失により最も過熱状態となる燃料棒中央部および上部において冷却効果が高まり、原子炉の安全性が向上する。

第2図は事故発生後の被覆管の最高温度の経時変化を示したグラフであり、実線aは本発明の場合、破線bは従来例の場合を示している。このグラフから分るように、本発明の場合は従来の場合のように被覆管温度が高くならず、事故後かなり短い時間で被覆管最高温度の下降が始まっている。

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の沸騰水型原子炉用燃料集合体は、原子炉に冷却材喪失事故が発生した場合に、過熱状態となった燃料棒を従来より

非常用炉心冷  
位の低下に伴  
の温度上昇を  
棒が露出して  
および下部プレ  
するが、露出  
部および出力  
述の蒸気上昇  
考えられる。

されたもので  
心の安全性を  
用燃料集合体  
ある。

ルと、この燃  
く配列された  
各間の間隔を保  
沸騰水型原子炉  
りスペーサの相

ベーザを設置し  
事故が発生した  
ムで発生する蒸  
部分でより激し  
よって燃料棒が  
たがって、冷却  
燃料棒中央部お  
り、原子炉の安

最高温度の経時  
aは本発明の場  
ている。このグ  
合は従来の場合  
、事故後かなり  
が始まっている。

沸騰水型原子炉  
喪失事故が発生  
燃料棒を従来より

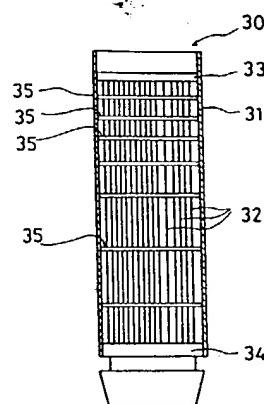
効果的に冷却することができ、したがって炉心の  
安全性を向上させることができるというすぐれた  
効果を奏する。

#### 4. 図面の簡単な説明

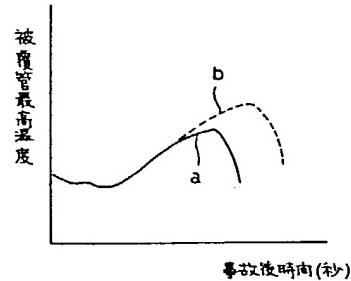
第1図は本発明の沸騰水型原子炉用燃料集合体  
の縦断面図、第2図は被覆管の最高温度の変化を  
本発明の燃料集合体と従来の燃料集合体について  
比較したグラフ、第3図は沸騰水型原子炉の縦  
断面図、第4図は従来の沸騰水型原子炉用燃料集  
合体の縦断面図である。

30……燃料集合体、 31……燃料チャンネル  
32……燃料棒、 33……上部タイプレート  
34……下部タイプレート  
35……スペーサ

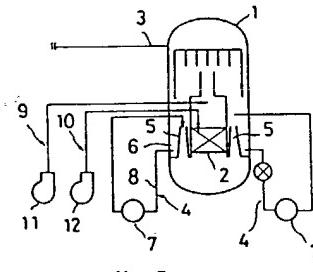
(8733) 代理人 弁理士 猪股祥晃  
(ほか1名)



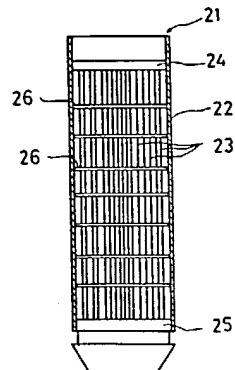
第1図



第2図



第3図



第4図

Japanese Published Unexamined Patent Application No. 62-192690, Published: August 24, 1987; Application Filing No. 61-33866, Filed February 20, 1986; Inventor: Noriaki ABE; Assignees: Nippon Genshiryoku Jigyo Kaisha (Japan Nuclear Power Enterprise Company), Toshiba Corp.

-----  
FUEL ROD ASSEMBLY FOR A BOILING-WATER-TYPE NUCLEAR REACTOR  
-----

[CLAIMS:]

A fuel rod assembly for a boiling-water type nuclear reactor, comprising a channel for nuclear fuel; multiple fuel rods arranged in a regular lattice-shaped pattern within said channel for nuclear fuel; and multiple spacers for maintaining the gap between said multiple fuel rods; and characterized in that the mutual gaps between said multiple spacers are denser in the center unit of said fuel rods or in the area thereabove than in the bottom area unit of said fuel rods.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[FIELD OF USE]

The present invention is related to fuel rod assemblies for boiling-water type nuclear reactors, and more specifically is related to fuel rod assemblies for boiling-water type nuclear reactors that improve safety characteristics of the reactor core during accidental loss of cooling material.

[PRIOR ART AND PROBLEMS TO BE RESOLVED]

The structure of a prior art boiling-water type nuclear reactor is shown in figure 3.

Within the figure, core 2 is contained within nuclear reactor pressure container 1; a main steam pipe 3 is provided on the top unit of said nuclear reactor pressure container 1 so as to guide steam that is produced by said nuclear reactor pressure container 1 to a steam turbine (not shown). Furthermore, a jet pump 5 is provided on the side of core 2 so as to form a cooling material circulation system 4; cooling water that is placed on the downcomer bottom unit 6 is supplied into the inlet of jet pump 5 by re-circulation pump 7 through re-circulation pump 8. Furthermore, a core spray system 9 and a low-pressure infusion system 10, which are which are emergency core-cooling systems, are provided in the nuclear reactor pressure container; pumps 11 and 12 are provided so as to supply water to each of these emergency core-cooling systems.

Furthermore, multiple fuel assemblies 21 as shown in figure 4 are contained within core 2. These fuel assemblies 21 are arranged such that multiple fuel rods 23 are arranged in a regular lattice pattern within fuel channel 22, and that spacers 26 are provided at roughly equal intervals in an axial direction so as to properly maintain the mutual gaps between fuel rods 23.

Furthermore, within figure 4, the cooling material that flows into fuel assembly 21 from tie-plate 25 on the bottom unit of fuel assembly 21 comes into contact with fuel rods 23, turns into a dual phase liquid-gas by the heat generated

by fuel rods 23, and rises, such that it flows out from the top unit of upper tie-plate 24.

Within this boiling-water-type nuclear reactor, in a case wherein the cooling material re-circulation system that is connected to nuclear reactor pressure container 1 ruptures, a condition wherein the coolant material is lost, a so-called loss of coolant accident, occurs. In the case of this kind of loss of coolant accident, the cooling material within nuclear reactor pressure container is lost, the cooling material flowing into core 2 is greatly reduced, the fuel rods are exposed, and the temperature of the fuel within fuel rods 23 and the cover tubes that cover them becomes elevated.

In actuality, in order to prevent an abnormal temperature increase of the fuel and cover tubes, emergency reactor cooling systems such as core-sprayer 9 and low-pressure infusion system 10 are provided, such that during an emergency condition the nuclear reactor can be infused with cooling material from these systems, cooling the core, setting the temperature of the fuel and the cover tubes at a desired temperature or below. However, even in cases wherein these emergency core-cooling systems are actuated, the fuel rods are exposed by the accompanying lowered water level in the nuclear reactor, and there is a continued possibility of a temperature rise of the fuel and the cover tubes. In such a case, the heat that is dissipated when the fuel is exposed is mainly dependent on the rise of the steam flow generated

from the core and the lower plenum, but it is thought that the heat dissipated by said flow of rising steam will be inadequate for the upper units of fuel assemblies exposed for a long period of time, and the center units of high-output fuel assemblies.

[AIM OF THE INVENTION]

The present invention was created based by observing said facts, and aims to offer a boiling-water-type nuclear reactor that increases safety characteristics of the core with regards to loss of coolant accidents.

[SUMMARY OF THE INVENTION]

That is to say, the present invention is a fuel rod assembly for a boiling-water type nuclear reactor, comprising a channel for nuclear fuel; multiple fuel rods arranged in a regular lattice-shaped pattern within said channel for nuclear fuel; and multiple spacers for maintaining the gap between said multiple fuel rods; and characterized in that the mutual gaps between said multiple spacers are denser in the center unit of said fuel rods or in the area thereabove than in the bottom area unit of said fuel rods; by means of placing spacers in this way, the cooling effect can be increased with regards to the rising flow of steam from the fuel rods in cases wherein a loss of coolant material is generated in the nuclear reactor, improving safety of the nuclear reactor.

[EMBODIMENT]

An embodiment of the present invention will be explained based on the figures.

Figure 1 is a cutaway view of a fuel assembly illustrating an embodiment of the present invention. Within the figure, fuel rod assembly 30, just as with the prior art fuel assembly of figure 4, has multiple fuel rods 32 arranged in a regular lattice pattern within fuel channel 31, and has multiple spacers 35 for properly maintaining the gaps between fuel rods 32. Furthermore, upper tie-plate 33 is provided on the top unit of the fuel assembly, and lower tie-plate 34 is provided on the bottom unit. However, the interval between spacers 35 is not regular as in prior art; as shown in the diagram, the spacers are placed more densely from the center unit of the axial direction to the upper unit.

The effect of providing the spacers so as to be denser in the upper unit in this way is that, in the event of a loss of cooling material accident in the nuclear reactor, the rising flow of steam generated by the reactor core and the lower plenum becomes extremely turbulent in the portion wherein the spacers are dense, and the fuel rods can be more effectively cooled by means of this turbulent steam than in prior art. Therefore, the cooling effect within the central and upper units of the fuel rods during a condition of overheating from loss of coolant is increased, and the safety of the reactor core is improved.

Figure 2 is a graph showing the variation of temperature rise over time of the cover tubes after an accident. Line (a) shows the present invention, while dotted line (b) shows prior art. As can be understood from this graph, the present invention does not evidence a raising of the temperature of the cover tube as does prior art, and the high temperature of the cover tubes begins to decrease a short period after the accident.

[EFFECT OF THE INVENTION]

As explained above, the fuel rod assembly for a boiling-water type nuclear reactor as in the present invention can cool overheating fuel rods as generated the a case of an accident involving a loss of cooling material in the nuclear reactor more effectively than prior art, and therefore evidences an excellent effect such that reactor safety can be improved.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES]

Figure 1 is a cutaway view of a fuel rod assembly for a boiling-water type nuclear reactor as in the present invention; figure 2 is a graph showing the variation in temperature of the cover tubes with the fuel assembly of prior art and the fuel assembly of the present invention. Figure 3 is a cutaway of a boiling-water-type nuclear reactor; figure 4 is a cutaway view of a fuel rod assembly for a boiling-water type nuclear reactor as in prior art.

30 - Fuel assembly

31 - Fuel channel

- 32 - Fuel rod
- 33 - Upper tie-plate
- 34 - Bottom tie-plate
- 35 - Spacer

USPTO TRANSLATIONS BRANCH

April 2000

Matt Alt

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000